

Joni Immonen

POLTTOAINEENESISYÖTTÖYKSIKÖN SUUNNITTELU
LAUTTA-ALUS MERISILLALLE

Merenkulun koulutusohjelma
2014

POLTTOAINEENESISYÖTTÖYKSIKÖN SUUNNITTELU LAUTTA-ALUS MERISILLALLE

Immonen, Joni
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun insinöörin koulutusohjelma
Joulukuu 2014
Ohjaaja: Haapanen, Toni
Sivumäärä: 27
Liitteitä: 3

Asiasanat: Polttoainejärjestelmä, Merisilta, polttoaineensyöttö, polttoainepumppu, esisyöttö

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella polttoaineensyöttöyksikkö lautta-alus Merisillalle pääkoneiden polttoainesaannin varmentamiseksi.

Työssä suunniteltiin ja mitoitettiin polttoaineensyöttöyksikkö pienen aluksen konehuoneeseen, jossa polttoaine syötetään pääkoneille hydrostaattisesti painovoiman avulla. Syöttö painovoiman avulla aiheuttaa ilman kulkeutumista polttoainejärjestelmään, jonka seurauksena polttoaineen pääsy putkistossa viimeisenä sijaitsevaan pääkoneeseen estyy. Polttoaineensyöttöyksiköllä varmennetaan polttoaineen saanti pääkoneille ja estetään näin käyttöongelmien syntyminen.

Mitoittamisen lisäksi työssä selvitettiin laitteen soveltuvuus vanhaan kohteeseen, mahdolliset muutostyöt, kustannusarviot ja tehtiin kaaviopiirustus. Yksikön suunnittelussa tehtiin yhteistyötä Auramarine yhtiön kanssa.

DESIGN OF FUEL PRE-FEED UNIT TO FERRY MERISILTA

Immonen, Joni
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Maritime Engineering
December 2014
Supervisor: Haapanen, Toni
Number of pages: 27
Appendices: 3

Keywords: Fuel system, Fuel feeding, Fuel pump, Pre feeding, Merisilta

Purpose of this thesis was to design a fuel pre-feed unit to ensure sufficient fuel flow for the main engine in a ferry Merisilta.

In the thesis a fuel pre-feed unit was designed and dimensioned to the machine room of a small ferry. In the machine room fuel is fed to the main engine based on hydrostatic gravity, which allows air to enter into the piping system and as a result blocks fuel entering to the main engines. Fuel supply for the main engines is ensured with the fuel pre-feed unit and hence operation problems are prevented.

In addition to dimensioning, applicability of equipment, modification of engine room, budget of modification and diagrammatic plan of unit was examined. The unit design was done in co-operation with Auramarine Company.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	POLTTOAINEJÄRJESTELMÄN RAKENNE.....	6
3	POLTTOAINEENSAANTIONGELMA MERISILLALLA.....	6
4	POLTTOAINEENESISYÖTTÖYKSIKÖN RAKENTAMINEN JA SIJOITUS	7
4.1	Uusi polttoaineenesisyöttöyksikkö	8
4.2	Uuden polttoaineenesisyöttöyksikön osat.....	9
4.2.1	Valuma-allas	9
4.2.2	Pumppu	9
4.2.3	Suodatin	11
4.2.4	Automaatiikka	12
4.3	Uuden polttoaineenesisyöttöyksikön sijoitus.....	13
5	POLTTOAINEENSYÖTTÖYKSIKÖN ASENNUS.....	14
5.1	Asentajat	16
5.2	Valmistelevat työt	17
5.3	Asennustyöt.....	19
5.4	Koekäyttö ja viimeistely	20
5.5	Tulityöturvallisuus	20
6	KUSTANNUSARVIO	21
6.1	Pumppu ja suodatin.....	22
6.2	Runko, automaatiikka, mittausinstrumentit ja kokoaminen	23
6.3	Paikoilleen asennus	23
6.4	Kustannukset yhteensä.....	24
7	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET.....	27

LIITTEET:

LIITE 1: Polttoaineenesisyöttöyksikön tekninen piirustus

LIITE 2: Polttoaineenesisyöttöyksikön osien sijoittaminen konehuoneeseen

LIITE 3: IMO ACE 25 – sarjan pumppu. (IMO-esite 2014)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin lautta-alus Merisillalle, joka liikennöi noin 7 kilometrin pituista reittiä Oulunsalon ja Hailuodon välillä. Merisilta on valmistunut vuonna 1988 Rauma-Repolan telakalla uudessa kaupungissa ja sen kannelle mahtuu n. 40 – 50 henkilöautoa. Lautta-aluksen suurin pituus 63,2 m, suurin leveys 12,3 metriä ja hyötykuorma 290 tonnia. Lautta on ainutlaatuinen, koska se on mittatilaustyönä tehty juuri tämän reitin vaatimien olosuhteiden mukaan. Merisilta on jäänmurtokykyinen ja dieselsähköisellä järjestelmällä toteutettu. Teknisessä laitteistossa on haettu mallia sen ajan jäänmurtajien tekniikasta.

Voimanlähteinä aluksessa toimivat kolme Wärtsilän 22 dieselkonetta, jotka tuottavat noin 3000 kW tehoa. (Suomenlauttaliikenteen [www-sivut](#) 2013) Lautta-alus ajaa normaaliolosuhteissa vain kahta pääkonetta käyttäen. Kovat tuuliolosuhteet ja runsasjäinen talvi pakottavat paikoin ottamaan kaikki kolme pääkonetta käyttöön. Yhdessä pääkoneista on havaittu polttoaineensaantivaikeuksia, jonka myötä koneen käynnistys on työläämpää ja hitaampaa.

Työn tarkoituksena oli tehdä alustava suunnitelma polttoaineensyöttöyksiköstä, joka soveltuisi maantielauttaan ja suunnitella yksikön jälkiasennus vanhaan kohteeseen. Tarkoituksena oli myös selvittää mitä yksikön rakentaminen ja asennus varustamolle maksaisi. Samalla ratkeaa myös kohteen polttoaineensaantivaikeudet ja aluksen turvallisuus paranee.

Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan toiminnallinen, jossa opiskelija osoittaa ammatillista osaamistaan aiheesta. Tutkimusmenetelminä ovat kvalitatiivinen eli laadullinen ja deskriptiivinen eli kuvaileva menetelmä. Työn apuna on käytetty yhteistyökumppani Auramarine Oy:n tietoja ja kokemuksia kyseisestä aiheesta. Auramarine on varsinainen-suomalainen yhtiö, joka on erikoistunut polttoainejärjestelmien rakentamiseen laivakäyttöön. Työssä on käytetty myös empiirisiä tietolähteitä. Laitteista ja niiden ominaisuuksista on jo ennestään runsaasti tietoa ja malleja saatavilla, mutta näin pieni yksikkö on poikkeuksellinen, mikä vaatii myös ammatillista suunnittelua.

2 POLTTOAINEJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Dieselmootoreissa polttoainejärjestelmä käsittää polttoaineen siirtolaitteet sekä ruiskutusjärjestelmän. Polttoaineen siirtolaitteet koostuvat pääosin suodattimista, siirtopumpuista ja lämmityslaitteistosta. Siirtojärjestelmä huolehtii polttoaineen puhdistamisesta, sen riittävydestä, ruiskutuksesta sekä ylimääräisen polttoaineen palauttamisesta polttoainesäiliöön. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä, Urpalainen 2008, 187.)

Polttoainejärjestelmät koostuvat yleensä kiertopumpuista, syöttöpumpuista ja suodattimista, joita on kahdenlaisia. Karkeat suodattimet ennen pumppuja estävät suurikokoisten partikkelien pääsyn pumppuun, jotka voisivat vaurioittaa pumpun rakennetta. Hienosuodattimet poistavat sellaiset partikkelit, jotka voisivat tukkia koneen suuttimet tai aiheuttaa haittaa koneelle. Raskasöljykäyttöisessä järjestelmässä on myös oltava lämmitysjärjestelmä, jotta polttoaine pysyy sopivan juoksevana. Kyseinen lämmitysjärjestelmä on höyry- tai sähkökäyttöinen.

Polttoaineenesisyyttöjärjestelmän tarkoitus on varmistaa polttoainelinjojen paineen riittävyys ja että koneet saavat tarvittavan määrän polttoainetta. Myös mahdolliset epäpuhtaudet ja partikkelit on suodatettava polttoaineesta ennen sen pääsyä koneeseen.

3 POLTTOAINEENSAANTIONGELMA MERISILLALLA

Lautta-aluksen pääkonetta numero kolme on usein vaikea saada käyntiin pitkän seison tajakson jälkeen. Käynnistäminen vaatii usein kymmeniä minutteja, koska kone ja linjasto on ilmattava. Ilmaaminen vaatii ilmausruuvien avaamista koneen polttoainepumpuilta ja ”hotpoksiin” luukkujen avauksen. Linjastoon oli luotava riittävä paine, joka syrjäyttäisi ilman putkistosta, jota varten aluksella on käsipumppu paineen luomiseen. Ilmaukseen tarvitaan kaksi henkilöä ja käsin pumppaus on aikaa vievää. Ilman pääsemiseen polttoaineputkistoon arveltiin syyksi rikkoutunutta takaiskuventtiiliä, joka päästää kolmannen koneen linjaston polttoaineet tyhjenemään kahteen

käynnissä olevaan koneeseen. Vian saa ehkä korjatuksi vaihtamalla takaiskuventtiiliin, mutta kyseinen vika on ollut toistuva aikaisemmista venttiilien vaihdoista huolimatta. Tämä ei myöskään poista sitä tosiseikkaa, että venttiilin uudelleen rikkoutumisen myötä tilanne uusiutuisi ja aiheuttaisi riskejä. Polttoaineensyöttöyksikön rakentamisella päästään tästä ongelmasta, jolloin vaaratilanteita ei aiheutuisi polttoaineensyötön varmistuessa pääkoneille.

4 POLTTOAINEENESISYÖTTÖYKSIKÖN RAKENTAMINEN JA SIIJOITUS

Polttoaineensyöttöyksikön rakennetta ja vaatimuksia suunnitellessa huomioitiin tilan vähyys lautta-aluksen konehuoneessa, joka osaltaan hankaloitti yksikön sijoittamista ja vaikutti yksikön kompaktiin kokoon. Aluksen nykyinen putkikoko DN 25 todettiin kokemusten ja Auramarinen laskelman perusteella riittäväksi myös polttoaineensyöttöyksikköön. Virtausnopeus polttoaineensyöttöyksikön pumpun imupuolella pitäisi olla 0.5 m/s ja painepuolella 2.0 m/s, johon vaikuttaa paljon putken koko. DN 25:n koko on riittävä näiden nopeuksien saavuttamiseen. Suurin polttoaineen kulutus aluksessa kovissa jääolosuhteissa on hieman yli 300 l/h, joten pumpun tuotoksi 400 l/h on riittävä ja tällöin varmuusvaraakin on runsaasti.

Polttoainelinjastoon n. 3 barin paine on riittävä, koska nykyinen paine on ainoastaan hydrostaattista painetta. Pääkoneilta lähtevän paluulinjan jousikuormitteinen venttiili on säädetty 4 bariin. Tämän paineen ylittyessä polttoaineen paluukierrosta tulisi tarpeettoman suuri ylimääräpolttoaineen palautuessa takaisin päivätankkiin. (Haastattelut, Juha Kurppa, Auramarine Oy 2013) Pumpun nostokorkeutta ei otettu työssä huomioon, koska pääkoneiden oma polttoainepumppu sijaitsee alempana kuin itse polttoaineensyöttöyksikön pumput. Putkistohäviöitä ei otettu huomioon niiden marginaalisuuden takia.

Polttoaineensyöttöyksikköön liittyen oli myös muutama asia, jotka tulisi uusia samalla yksikön asennuksen kanssa. Aluksen omat virtausmittarit, jotka laskivat polttoaineen kulutusta, ovat rikkoutuneet. Myös nykyinen ”duplex”-suodatin polttoaine-

linjastossa on todettu riittämättömäksi kaikkien pääkoneiden ollessa yhtä aikaa käynnissä. (Haastattelu, Vastuukonepääällikkö Kari Lindström 2013) Tällöin virtausmittarit tulisi uusida sekä mitoittaa polttoainelinjaston suodatin uudelleen polttoaineenesisyöttöjärjestelmää varten.

4.1 Uusi polttoaineenesisyöttöyksikkö

Yksikkö myötäilee vanhaa putkistoa, jotta muutostyöt olisivat mahdollisimman nopeita, edulliset ja helpot tehdä. Imupuolen putkisto liitetään nykyiseen päivätankin läpivientiin laippaliitoksella, josta yksikön varsinainen putkisto alkaa. Imupuolen putkistoon tulee karkea 200 μm suodatin. Ennen suodatinta on palloventtiili, josta linja saadaan suljettua sen ollessa poissa käytöstä esim. suodattimen puhdistamisen tai pumpun huollon takia. Ruuvipumppu pumppaa polttoaineen ja luo paineen.

Pumpun painepuolella on takaiskuventtiilit, jottei polttoaine pääse virtaamaan linjaston painepuolelta enää taaksepäin ohitettuaan pumpun. Varmuutena ja mahdollisesti takaiskuventtiilin rikkoutumisen varalta linjassa on vielä palloventtiili takaiskuventtiilin jälkeen. Painepuolella on tiheämpi 60 μm :n duplex-suodatin, jossa on kaksi pesää, joten suodattimen tukkeutuessa voidaan välittömästi vaihtaa toinen käyttöön ja puhdistaa likaantunut prosessin aikana. Pumput tuottavat 450 l/h. Yksikkö on liitetty aluksen omaan aikaisempaan polttoainelinjaan. Ennen suodattimia on linjassa paluukierto-putki, joka on erotettu päälinjasta jousikuormitteisella venttiilillä. Linjaston saavuttaessa yli 3 bar:n suuruisen paineen venttiili avautuu ja päästää ylimääräisen polttoaineen takaisin päivätankkiin. Näin ollen päälinjassa vallitsee tasainen paine aluksen kulutuksen ollessa vähäinenkin. Paluukierro on johdettu takaisin päivätankkiin, koska polttoaine voisi kiertäessään lämmitä tarpeettomasti, jos se tulisi suoraan imupuolelle.

Virtausmittarit sijoitetaan entisten virtausmittarien paikalle, joista ensimmäinen sijaitsee päälinjassa painepuolella niin, että paluukierro ei pääse vaikuttamaan siihen. Pääkoneilta lähtee vielä toinen paluulinja, jossa on 4 bar:ssa avautuva jousikuormitteinen venttiili. Tämä linja päästää takaisin päivätankkiin vain polttoaineet, jotka olivat jo koneen järjestelmässä, mutta eivät tule käytetyksi. Tässä linjassa on myös vir-

tausmittari, joka on yhteydessä päälinjan mittariin. Paluulinjan mittarin lukema siis vähennetään päälinjanmittarin lukemasta, jotta nähtäisiin todellinen kulutus reaaliajassa.

Polttoaineenesisyöttöjärjestelmän ei ole tarkoitus tuottaa painetta suoraan pääkoneiden polttoaineensyöttöjärjestelmään, vaan ainoastaan päälinjaan. Jokaisen pääkoneen oma polttoainepumppu huolehtii koneen sisäisestä paineesta ja syötöistä. Järjestelmän tekninen piirustus katso LIITE 1.

4.2 Uuden polttoaineenesisyöttöyksikön osat

Polttoaineenesisyöttöyksin alustana toimii valuma-allas, johon mahdolliset vuodot valuvat. Tähän alustaan sijoitetaan myös yksikön osat Auramarinen kokoonpanolinjalla. Yksikkö tulee kokonaisena alukselle, jossa se kiinnitetään paikoilleen ja liitetään nykyiseen polttoainelinjastoon. Yksikön jokainen komponentti on valittu ajattelun pitkäkäyttöikä ja laatua.

4.2.1 Valuma-allas

Polttoaineenesisyöttöyksikön pohjana on valuma-allas, jonka päälle järjestelmä rakennetaan. Tilasta otettiin mitat, joiden perusteella siihen sopii allas, joka on kooltaan: 1210mm x 910 mm. Reunojen korkeudeksi mitoitettiin 100 mm, joka luo n. 0.1 kuutiometrin tilavuuden altaalle. Reunaan liitetään vanhan altaan kaivo, josta vuodot pääsevät ylivuototankkiin. Valuma-allas on yksikön runko, johon muut osat on kiinnitetty. Materiaalina käytetään mustaa rautaa ja se maalataan valkoiseksi.

4.2.2 Pumppu

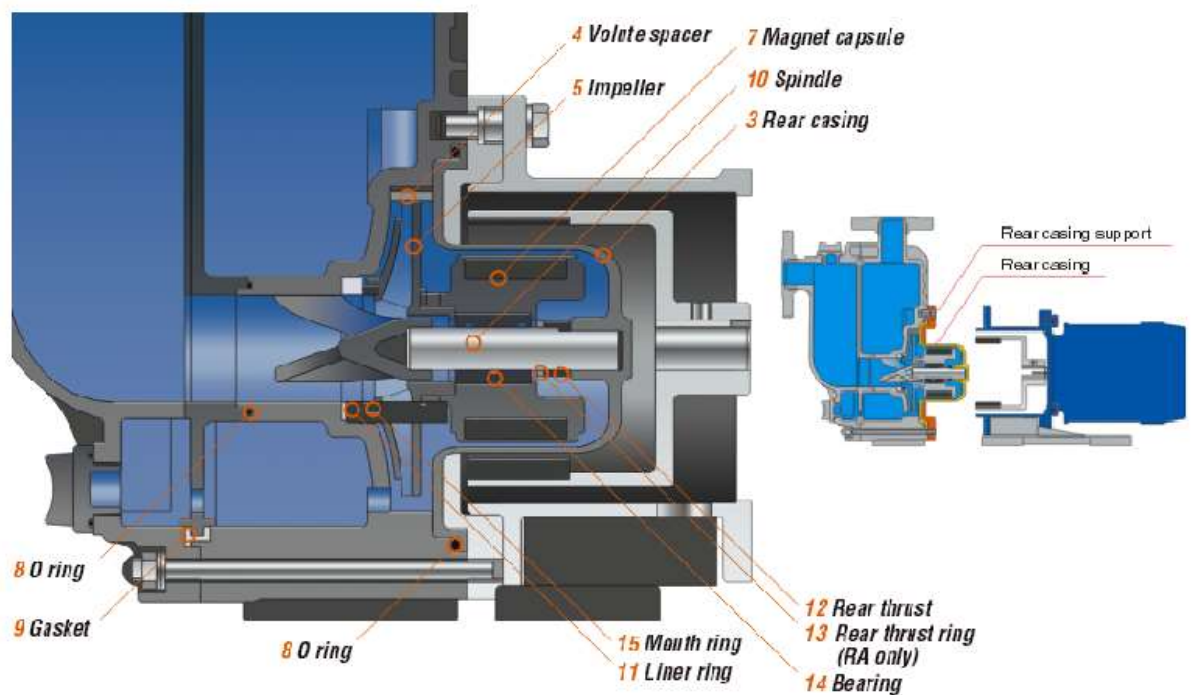
Pumpun toimittajaksi valittiin Ruotsalainen IMO, koska se on Auramarinen yhteisöyhtiö, jonka pumpuista on hyviä käyttökokemuksia sekä varaosien saanti on helppoa ja varmaa. Pumpun malliksi valittiin ACE 25, jonka tuotto on kuristettu 450

l/h. Aluksen suurimman kulutuksen yltyessä 300l/h voidaan pumpun tuottoa pitää riittävänä.

Tyypiksi valittiin ruuvipumppu, joka soveltuu erinomaisesti polttoaineen siirtoon. Ruuvipumppujen toiminta perustuu siihen, että syrjäytyselin syrjäyttää pesässä olevan nesteen poistoputkeen, joka on paineen alaisena. Syrjäytyspumput soveltuvat tapauksiin, joissa nestevirran määrä pidetään vakiona vastapaineesta riippumatta, sillä näissä pumpuissa tilavuusvirta pysyy vakiona, nostokorkeudesta riippumatta. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä, Urpalainen 2008, 134–135.) Koska ruuvipumpun tuotama virtaus ei ole turbulenttista, näin ollen polttoaine ei vaahtoudu. Ruuvipumppu on suhteellisen hiljainen ja pitkäikäinen. Ruuvipumpun imuominaisuus on myös erittäin hyvä.

Pumput on mahdollista valita magneettikytkimellä tai normaalilla akselitiivisteellä. Akselitiiviste on pumpussa yleensä se osa, joka rikkoutuu ensimmäisenä. Magneettikytkimellä varustetut pumput ovat huomattavasti kalliimpia, kuin normaalit pumput, jonka vuoksi valintaa on perusteltava. 60-luvulla japanilainen insinööri Yoshiaki Fujinaka kehitti teollisuuspumpun, jossa useimmiten vuotava akselitiiviste korvattiin magneettikytkimellä. Tällä rakenteella ratkaistiin yleinen pumppuihin liittynyt ongelma. Magneettikytkimellä pääsee eroon kalliista akselitiivisteistä. Samoin välttyy työ- ja seisokkikustannuksista, eikä tarvitse erikoistyökaluja. Säästöt näkyvät parempana tuottavuutena ja huoltojen harvenemisella.

Perinteiset akselitiivisteelliset pumput vuotavat aina ympäristöön. Magneettikytkimessä tiiviste on korvattu magneeteilla, pumppu on 100 % tiivis, neste pysyy pumpun sisällä eikä vuoda missään tapauksessa ulos pumpusta. Myös käyttö ikä on huomattavasti pidempi kuin normaali pumpuissa (Iwaki -pumppujen WWW-sivut 2014). Pumput eivät vuoda ellei kotelo rikkoudu. Magneettinen liitos pyörittää pumpun akselia kotelon läpi, siksi tämä ratkaisu sopii myös todella voimakkaille kemikaaleille, jotka syövyttäisivät normaaleja tiivisteitä. Pumpun moottori voidaan irrottaa tarvittaessa nesteen ollessa sisällä pumpussa, koska kotelo on umpinainen. Katso kuva 1 alla.



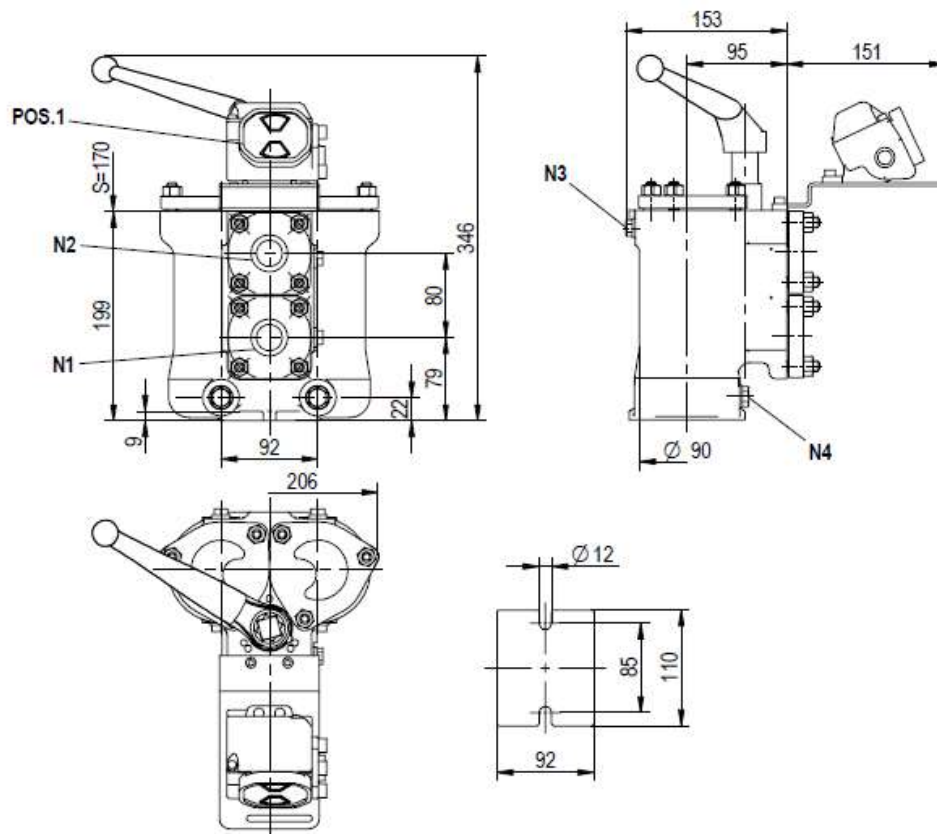
Kuva 1. Pumpun magneettikytkin (Iwaki, SMX series-esite 2014)

4.2.3 Suodatin

Suodattimen valinnassa käytettiin tunnettua valmistajaa, josta Auramarinella on myös hyviä kokemuksia. Kevyelle polttoöljylle soveltuu hyvin nykyisen kaltainen duplex-suodatin, mutta kokoa on harkittava valmistajan kanssa, koska entinen suodatin on todettu täydellä kuormalla ajettaessa riittämättömäksi. Tämä voi myös johtua siitä, ettei virtausta suodattimen läpi ole ennen toteutettu koneellisesti. Suodattimen tiheys pidetään samana kuin ennen, koska se on koettu riittäväksi. Suodatin sijoitetaan virtaussuunnassa pumpun jälkeen.

Suodatin tilataan Boll & Kirch-yhtiöltä, joka valmistaa suodattimia ”Bollfilter” nimellä. Yhtiö on yksi suurimmista ja luotettavimmista, joka valmistaa suodattimia merenkulun käyttöön. Luotettavuus keinuvassa ympäristössä ja hyvät kokemukset ovat suurin syy tämän toimittajan valintaan. Valmistajan virallinen edustaja (Mats Björkendahl 2014) suositteli, että yksikössä käytettäisiin tuotemallia: DUPLEX 2.04.5, suodattimella koko 90.95, DN25. Suodatin toimitetaan neliön muotoisilla vastalaipoilla, johon putket hitsataan kiinni. Suodatinelementti on ”starpleated element” (ns. tähtilaskostettu elementti). Suodatinelementti on tehty speksatulla metal-

liverkolla, jonka absoluuttinen suodatusaste on 60μ ja nominaalinen 45μ . Suodatin on varustettu paine-ero mittarilla, joka kertoo mekaanisella näytöllä onko suodatin menossa tukkoon. Paine-eromittari on myös varustettu automatiikkaa varten kahdella sähköisellä ulosviennillä, jotka liitetään aluksen hälytysjärjestelmään. Katso kuva 2 alla.



Kuva 2. Suodatin (Bollfilter-esite, 2014)

4.2.4 Automatiikka

Automatiikkaan sisältyvät pumppujen käynnistyskytkimet, stand by-käynnistys, releet, lämpösuojat, hälytykset sekä paine- ja virtausmittarit. Painepuolen linjassa on myös painekytin, joka paineen laskiessa viestittää automatiikalle ja käynnistää stand by-tilassa olevan pumpun. Automatiikalle sinänsä ei tarvita paljoa tilaa; tekniikalle on varattu kaappi Auramarinen valikoimasta, jonka ovesa on katkaisimet pumpuille ja digitaalinen ampeerimittari. Sähkökaappi on kooltaan: 600 mm x 600 mm x 210 mm. Viereen sijoitetaan myös näyttövirtausmittareista, joista voidaan nähdä kulutus.

Virtausmittareita on kaksi, joista toinen on sijoitettu syöttölinjaan ja toinen koneilta tulevaan paluulinjaan. Mittarit ovat yhteydessä toisiinsa eli paluulinjan virtaus vähennetään syöttölinjan virtauksesta niin, että saadaan polttoaineen kulutus. Automaatiikka tilataan Auramarinelta, jossa se rakennetaan kokoonpanolinjalla yksikön edellyttämien ominaisuuksien mukaan. Automaatiikka rakennetaan muun yksikön tavoin valmiiksi jo tehtaalla. Paikan päällä on tehtävä ainoastaan kytkennät aluksen omaan hälytysautomaatiojärjestelmään.

4.3 Uuden polttoaineenesisyöttöyksikön sijoitus

Polttoaineenesisyöttöjärjestelmä sijoitetaan lautta-alus Merisillan konehuoneessa pääkoneiden lähelle, jotta putkivedot olisivat mahdollisimman lyhyitä. Konehuoneessa sijaitsee myös päivätankki, josta esisyöttöjärjestelmä saa syöttönsä. Suunnitelluamme aluksen vastuupäällikön kanssa sijoituspaikkaa, tulimme tulokseen, että ainoa sopiva paikka sijoittaa yksikkö on kuva 3:ssa näkyvä alue.

Polttoaineenesisyöttöyksikkö on ideaali sijoittaa lautan konehuoneessa päivätankin viereen, jotta saataisiin mahdollisimman lyhyillä putkivedoilla polttoainesyöttö päivätankista yksikköön. Tällöin myös paluukierro polttoaineenesisyöttöyksiköstä takaisin päivätankkiin saadaan liitettyä helposti päivätankin yläosaan. Lisäksi päivätankin vesityksen valuma-allas ja siitä lähtevä kaivo tekee paikasta ideaalin. Yksikön uudelle isommalle valuma-altaalle saadaan kaivo vanhan altaan valmiista liitännästä.

Geometrisesti tila on konehuoneen ainoita vapaana olevia riittävän suuria pinta-aloja, joissa konehenkilökunnan läpikulun mahdollisuutta ei ole välttämätöntä säilyttää. Ympäristölle mitoitettiin riittävästi tilaa polttoaineenesisyöttöyksikön operointia, huoltoja ja korjauksia varten.



Kuva 3. Polttoaineenesisyöttöyksikön sijoitus (J.Immonen 2014)

Yllä olevaan kuvaan 3 on merkitty punaisella polttoaineenesisyöttöyksikön sijoitusalue. Edessä oleva seinä on osa päivätankkia. Kuvassa näkyvät myös nykyinen dublex-filtteri ja käsikäyttöinen pumppu, jolla luodaan painetta polttoainelinjaan hätätilanteessa linjaston ilmausta varten. Vasemmassa ylälaudassa on nykyinen valumallas, joka puretaan ja altaan kaivo liitetään uuteen altaaseen.

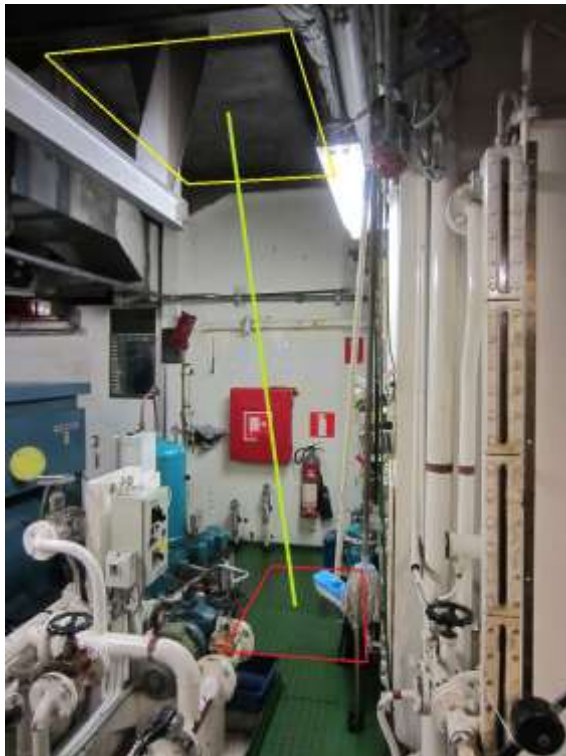
5 POLTTOAINEENESISYÖTTÖYKSIKÖN ASENNUS

Yksikkö rakennetaan asennusvalmiiksi tehtaalla Auramarinen kokoonpanolinjalla ja tuodaan kokonaisena kohteeseen. Asennus sijoituskohteeseen Merisillalle tulee tapahtua aluksen telakoinnin aikana tai huoltoviikolla aluksen seisoessa, sillä asennus vaatii polttoaineen saannin katkaisemista moneksi päiväksi. Auramarinen kokoonpanolinja sijaitsee Liedossa, joten logistiset kustannukset jäisivät pienemmiksi, jos asennus tapahtuisi määräaikaistelakoinnissa Naantalissa. Asennusvalmis polttoai-

neenesisyöttöyksikkö voidaan laskea konehuoneeseen kokonaisena kansiluukun kautta. Polttoaineenesisyöttöyksikön sisään vientiluukku on esitetty kuvassa 4 ja 5 alla.



Kuva 4. Polttoaineenesisyöttöyksikön laskukohta (yläosa) lautta-alus Merisillalla (J.Immonen 2014)



Kuva 5. Polttoaineenesisyyttöyksikön laskukohta (alaosa) lautta-alus Merisillalla (J.Immonen 2014)

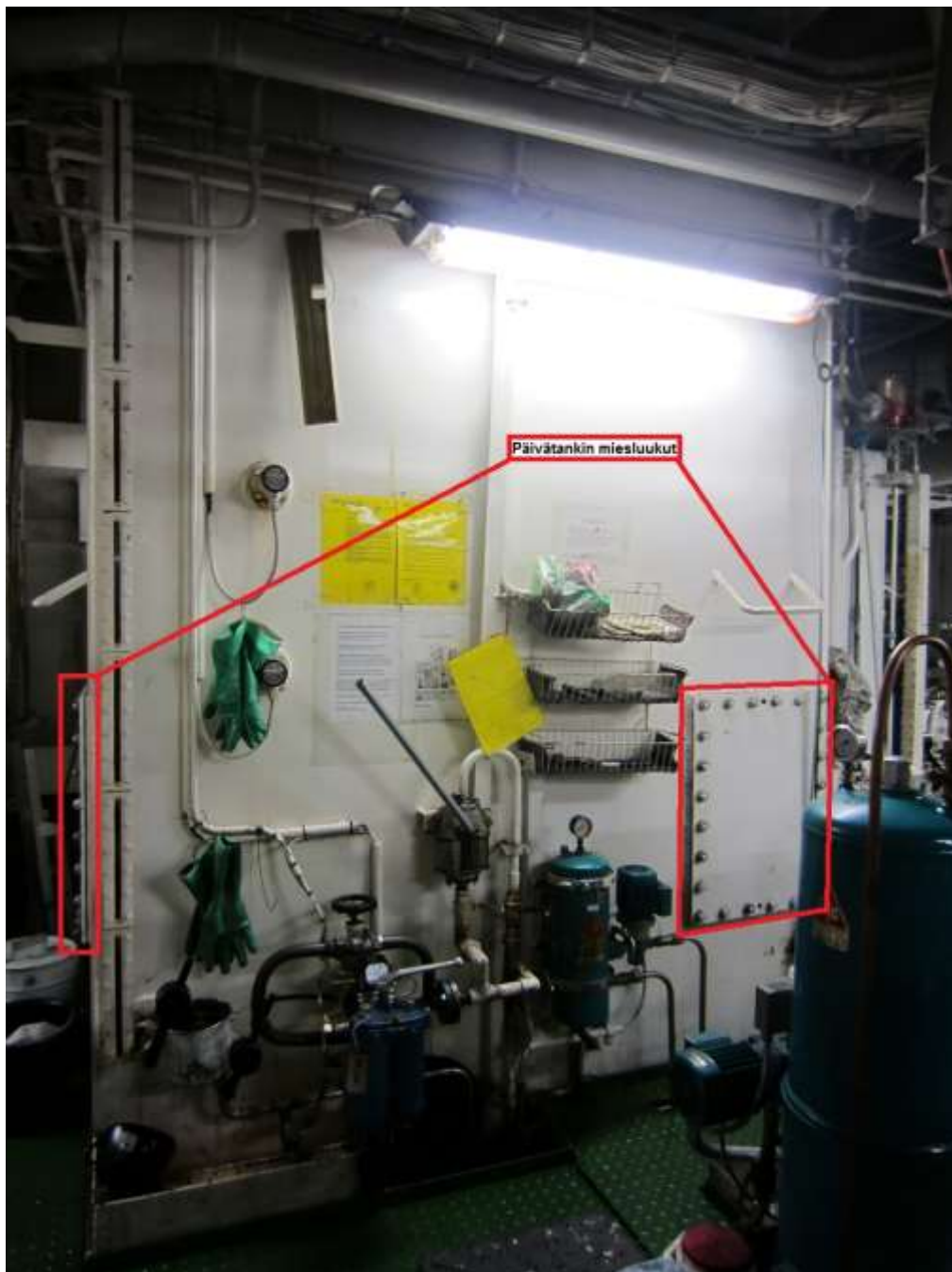
Yksikön sijoituskohdasta on valmiiksi poistettu ennen sen saapumista alukselle: vanha valuma-allas, tarpeetonta putkea, suodatin, käsipumppu ja lattialevyt. Tarpeelliset tuet ja tukipilarit hitsataan myös paikoilleen ennen saapumista. Polttoaineenesisyyttöyksikön asennuksen jälkeen suoritetaan vielä loppuhitsaukset, joilla yksikkö kiinnitetään paikoilleen lopulliseen kohtaan. Liitännät polttoaineen yksikön putkiin tehdään laippaliitoksilla.

5.1 Asentajat

Yksikön asentamiseen tarvitaan kaksi hitsaustaitoista metallimestä ja kaksi sähköasentajaa. Asentajat toimivat pareittain. Työn kustannusarviot on laskettu Turku repair yard LTD:n tekemän tarjouksen perusteella. Näiden asentajien lisäksi tarvitaan myös automaatioasentaja, joka tuntee Lyngsø-hälytysjärjestelmän. Kytkenät ja järjestelmän ohjelmointi vaativat erikoisosaamista, joten nämä palvelut on tilattava suoraan Lyngsø marine A/S:lta. Töiden palovahtina toimii tulityökortillinen lauttahenkilökunnan jäsen. Työtunnit ja aikataulu on esitetty Taulukko 1:ssä

5.2 Valmistelevat työt

Ensimmäisenä ammattilaistankinpesijäryhmän on pestävä ja tuuletettava päivätankki tulitöitä varten. Tankki on pumpattu tyhjäksi henkilökunnan toimesta aluksen omalla siirtopumpulla. Ryhmän on avattava tankin miesluukut (kuva 6) ja poistettava pohjal-
le mahdollisesti jääneen polttoainejäämät. Puhdistuksen ja tuuletuksen jälkeen mita-
taan vielä kaasuarvot tankista tulitöiden turvallisuuden varmistamiseksi.



Kuva 6. Päivätankin miesluukut (J.Immonen 2014)

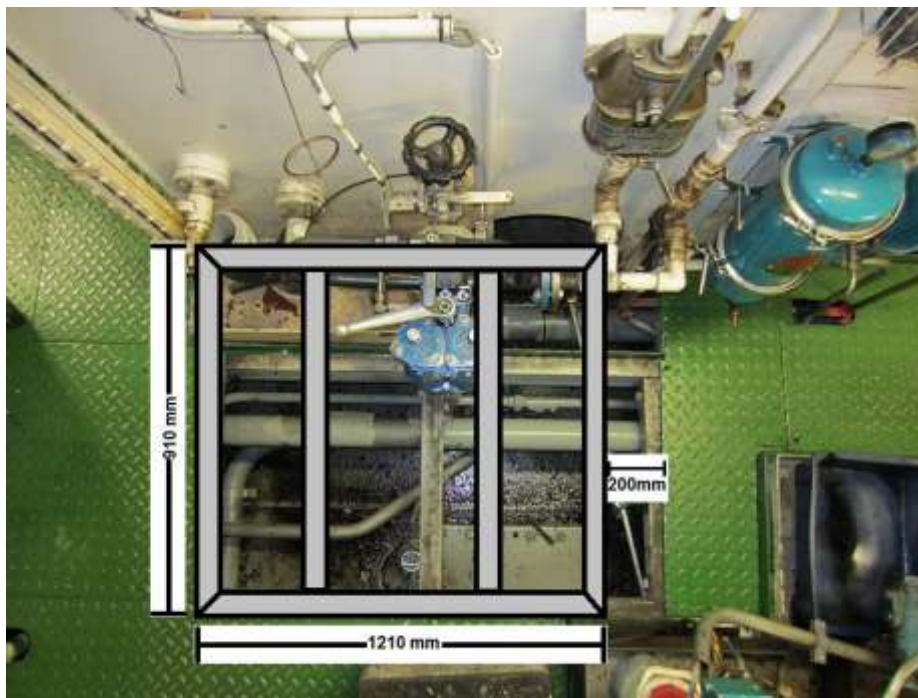
Metallimiesten pitää valmistella asennuspaikka, vanha-allas, käsipumppu ja ylimääräiset putket poistetaan. Putkien päät muokataan ja niihin asennetaan laipat. Putkien tulisi kohdistua heti kohdilleen yksikön putkien kanssa, kun se lasketaan paikoilleen. Lisäksi lattiapellit altaan ympäriltä on muokattava uudelleen sopivan muotoisiksi. Polttoainetankin yläosaan pitää myös tehdä uusi läpivienti paluukierron putkelle.

Myös altaan tukipalkkien hitsaus (Kuva 8) on suoritettava ennen yksikön tuloa ja hitsattava suojaputket uusille kaapeleille. Sähköasentajien on tehtävä kaapelivetoja ennen yksikön saapumista, joihin sisältyvät virtajohdon veto jakotaulusta asennuspaikalle.



Kuva 7. Uuden linjan paikka polttoaineen paluukierrolle (J.Immonen 2014)

Myös tietoliikennekaapeli on vedettävä hälytyksiä varten lautan hälytyksiä antavaan Lyngsø -automaatiojärjestelmään, joka antaa hälytyksen henkilökunnalle kriittisistä poikkeamista, kuten paineen alenemisesta. Tarvittavat koodaukset ja liitännät Lyngsø:on tekee erikoistunut automaatioasentaja, joka lisää järjestelmään uudet hälytykset ja komponentit.



Kuva 8. Uusien tukipalkkien hitsauspaikat (J.Immonen 2014)

5.3 Asennustyöt

Yksikkö tuodaan lautalle, ja lasketaan sisään konehuoneeseen taljojen avulla suuresta kansiluukusta, joka on suoraan konehuoneen yläpuolella. Sijoituspaikka on melkein suoraan kansiluukun alapuolella, joten yksikkö voidaan käytännössä vain laskea paikoilleen, eikä liikutustöitä aluksen sisällä enää tarvita.

Yksikkö asetellaan paikoilleen ja metallimiehet alkavat hitsaamaan sitä kiinni pohjan tukipalkkeista ja seinän alaosista. Järjestelmän putket liitetään aluksen putkiin laippaliitoksilla, kun yksikkö on paikallaan.

Yksikön paikoilleen kiinnityksen jälkeen aloittavat sähkö- ja automaatioasentaja asennukset. Sähkömies liittää sähköt yksikköön ja automaatioasentaja kytkee ja ohjelmoi yksikön Lyngsø -hälytysjärjestelmään sekä asettaa hälytysrajat.

5.4 Koekäyttö ja viimeistely

Automaatio- ja sähköasennuksien jälkeen päivätankki täytetään polttoaineella lautta henkilökunnan toimesta. Tämän jälkeen yksikkö koekäytetään ja todetaan sen toimivuus ja riittävät paineet koeajossa. Yksikkö on koekäytetty jo aikaisemmin Auramarinen kokoonpanolinjan koepenissä, jonka tarkoituksena on lähinnä varmistua aluksen oman polttoainelinjan pitävyydestä ja tiiveydestä. Automaatioasentajan on vielä tehtävä tarvittavat hälytystestaukset ja todettava kaiken toimivan hälytysjärjestelmän osalta. Merisillan konepäällikön on vielä tarkistettava yksikön toimivuus, ettei mahdollisia muutos- ja korjaustöitä tarvita lisää, vaan kaiken todetaan toimivan moitteettomasti ja aluksella on turvallista liikennöidä. Näiden toimien jälkeen lauttahenkilökunta maalaa vielä tarvittavat suojamaalit paljaille hitsisaumoille ja muille alueille, joissa metallia on kiinnitystöiden vuoksi näkyvissä.

5.5 Tulityöturvallisuus

Aluksella suoritetaan muutostöiden yhteydessä tulitöitä, hitsausta ja leikkaamista. Putket ja päivätankki ovat tekemisissä polttoaineen kanssa, joten turvallisuuden kannalta on oltava erityisen huolellinen. Siksi ennen töiden aloittamista on päivätankki pesty ja tuuletettu. Myös polttoaineputket on huuhdeltava ja tuuletettava kaasusta.

Tulitöiden vartijana toimii tulityökortillinen henkilö lautan henkilökunnasta. Hänelle on oltava valmiina tarvittavat sammutusvälineet, kuten sammutin ja vaahtotykki. Alapuolella oleva pilssi on vaahdotettava aina tulitöiden ajaksi. Tulityöluvat kirjoittaa Merisillan konepäällikkö, joka välittää myös kappaleet luvista varustamon konttorille. Tulitöiden lopettamisen jälkeen on myös suoritettava aina tunnin jälkivartiointi. Tarvittaessa esim. kiireiden vuoksi voidaan tulitöiden vartijaksi tilata myös ulkopuolista työvoimaa.

Taulukko 1. Työtunnit

Työtunnit	Päivä 1 (h)																							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tankinpesijä 1																								
Tankinpesijä 2																								
Työtunnit	Päivä 2 (h)																							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Metalliasentaja 1																								
Metalliasentaja 2																								
Sähköasentaja 1																								
Sähköasentaja 2																								
Tulityövärtija (oma henkilökunta)																								
Työtunnit	Päivä 3 (h)																							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Metalliasentaja 1																								
Metalliasentaja 2																								
Sähköasentaja 1																								
Sähköasentaja 2																								
Tulityövärtija (oma henkilökunta)																								
Työtunnit	Päivä 4 (h)																							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Metalliasentaja 1																								
Metalliasentaja 2																								
Sähköasentaja 1																								
Sähköasentaja 2																								
Tulityövärtija (oma henkilökunta)																								
Lyngsø automaattiasentaja																								

6 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarvio muodostuu: materiaaleista, komponenteista, osakokonaisuuksista, yksikön suunnittelusta, kokoamisesta, kuljetuksista, asennuksesta ja sen työvoimasta. Arviot perustuvat eri yritysten tarjouksiin osista, kokoamisesta ja asennuksista. Haastattelut ovat myös tuoneet esille paljon asioita, joita on otettu huomioon arvioinnissa. Merisiltaa ei ole luokiteltu, jolloin ei polttoaineen esisyyttöyksiköltä tai sen osiltakaan vaadita luokittamista, joka olisi osaltaan tuonut lisäkustannuksia. Kustannukset ovat muodostuneet myös suurelta osin valinnoista, joiden tekeminen on ollut

iso osa työn suunnittelua eli ns. kustannussuunnittelua. Valinnoissa on pyritty minimoimaan ns. jälkikustannukset joiden huomioon ottaminen jää usein vähäiseksi puskettaessa rakentamisen hintaa alaspäin.

Huonot materiaalivalinnat voivat tuoda muutaman vuoden päästä huomattavasti lisää kustannuksia. Korjaushenkilöstön tilaaminen on aina kallista ja nostaa laitteiden hintaa pidemmällä aikavälillä. Tämän huomioon ottaen kustannuksia suunniteltaessa on yksikköön valittu laadukkaita ja pitkän käyttöiän kestäviä osia. Nämä osat ovat hankintahetkellä hieman keskiarvoa kalliimpia, mutta säästävät hankintahintansa korjauskuluissa. Laadukkaat osat ovat parempia myös turvallisuuden kannalta, joka on yksi tärkeimpiä kriteerejä.

6.1 Pumppu ja suodatin

Keskeisimmät osat polttoaineenesisyyttö yksikössä ovat pumppu ja suodatin. Vaikka nämä osat olisivat löytyneet Auramarinen valikoimista, valittiin ja tutkittiin niitä ilman välikäsiä ja oltiin yhteydessä suoraan valmistajiin. Valmistajien valikoimasta valittiin yksikköön sopivin. Myös valmistajan edustajan kanta oli tärkeä valinnoissa. Pumpun ja suodattimen tarjoajaksi valittiin tunnetut yhtiöt. Tarjouspyyntöihin saatiin järkevät ja kilpailukykyiset tarjoukset. Hinnat on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Pumppujen ja suodattimen tarjous

Tuote	Määrä, Kpl	Hinta	Yht.
IMO ACE 025L4 NKBP-pumppu magneettikytkimineen, välikappaleineen, asennusjalkoineen, yhteiden vastalaippoineen ja sähkömoottoreineen Hoyer, HMA2 80 2-4, 0,75 kW, 1450 rpm, 400 V, 50 Hz	2	EUR 3.615,-	EUR 7.230,-
DUPLEX 2.04.5 90.95 DN25 1 pcs. 928,00 928,01 61 MICRON, 2x 652 CM ² , DPI 4.36.2 P=0,8	1	EUR 1.181	EUR 1.182
Pakkattu pahvilaatikkoon	1	EUR 23,-	EUR 23,-
Rahtaus, UPS ECONOMY EXPRESS	1	EUR 230,-	EUR 230,-
		Yht:	EUR 8.411,-

6.2 Runko, automatiikka, mittausinstrumentit ja kokoaminen

Yksikön kokoa yhteistyökumppani Auramarine. Neuvotteluiden jälkeen kävi myös ilmi, että yhtiön valikoimista löytyy kaikki yksikköön suunnitellut komponentit, joka on edullinen ostaa kokoamisen myötä suoraan Auramarinelta, joka toimittaa myös automatiikan yksikköön. Nämä kaikki osa-alueet ovat Auramarin yhteistarjouksessa. Tarjouksessa ei suostuttu erittelemään tarkkaan osien yksittäisiä hintoja kilpailun vuoksi. Hinnat on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3. Auramarinen yhteistarjous

Auramarinen tarjous			
Osa	Materiaali	Koko	Määrä, kpl
Valuma-altaan pohja	Mustarauta	1210 mm x 910 mm	1
Valuma-altaan reuna	Mustarauta	1210 mm x 100 mm	2
Valuma-altaan reuna	Mustarauta	910 mm x 100 mm	2
L-palkki	Mustarauta	1600 mm x 40 mm	2
L-palkki	Mustarauta	1000 mm x 40 mm	5
Putken kiinnityspanta	Mustarauta		10
Suora putki	Mustarauta	3500 mm (DN25)	
Putkenmutka (90 °)	Mustarauta	DN25	5
Laippaliitos	Mustarauta	DN25	6
Takaiskuventtiili		DN25	2
Palloventtiili		DN25	4
Jousikuormitteinen venttiili (3bar)		DN25	1
Painemittari, mekaaninen			3
Painemittari, automaatioon			1
Virtausmittari, automaatioon			2
Kulutusnäyttö, automaatioon			2
Sähköjohtoa		2000 mm	
Pumpun imusuodatin		200 µm sihtikoko	2

AUTOMAATIOLISTA	TYÖT		
Instrumenttikaappi	Suunnittelu		
Käynnistyskytkin	3D - mallinnus		
Painehälytys	Metallityöt		
Paine-erohälytys	Sähkötyöt		
Pumpun stand by käynnistys	Automaatiotyöt		
Lämpösuoja (lämpörele)	Pakkaus		
		Yhteensä:	Hinta
			12.000 €

6.3 Paikoilleen asennus

Asennus on suoritettava aluksen ollessa telakassa tai syys/kevät – huoltoviikon aikana, jolloin alus seisoo, eikä polttoainelinjaa tarvitse käyttää. Kustannusten osalta telakka on edullisempi ratkaisu, sillä telakalla on tarjota melkein kaikki asennustyöt

edullisesti telakan omalla henkilöstöllä. Hinta-arvio asennustöistä perustuukin Turku repair yard:n telakan tekemään tarjoukseen. Ainoastaan Merisillan hälytysjärjestelmä Lyngsø:a ei pysty ohjelmoimaan uusia hälytyksiä varten muu kuin yhtiön oma asentaja. Asentaja on tilattava yritykseltä Tanskasta. Ohjelmointikustannukset ovat korkeammat kuin oli ajateltu, koska selvittelyjen jälkeen kävi ilmi, ettei yhtiöllä ole edustusta Suomessa. Hälytysjärjestelmää eivät ulkopuoliset alihankkijat voi muokata, koska se on ns. tehtaalla rautaan kirjoitettu. Asennustöiden jakautuminen ja hinnat on esitelty taulukossa 4.

Taulukko 4. Asennuskustannukset

Henkilö	Tuntimäärä (h)	Tuntihinta EUR/h	Yht.
Metalliasentaja 1	24	50,-	EUR 1200,-
Metalliasentaja 2	24	50,-	EUR 1200,-
Sähköasentaja 1	16	50,-	EUR 800,-
Sähköasentaja 2	12	50,-	EUR 600,-
Lyngsø maritime, asentaja	8	151,22,-	EUR 1210,-
Yht:			EUR 5010,-

Lisäkulut	Määrä	Hinta EUR	Yht.
Lyngsø maritime, asentaja meno-paluu, CPH - HEL	1	190,-	EUR 190,-
Metalliasentajat, materiaalit	1	250,-	EUR 250,-
Sähköasentaja, materiaalit	1	250,-	EUR 250,-
Päivätankin pesuryhmä	1	2.500,-	EUR 2.500,-
Yht:			EUR 3.190,-

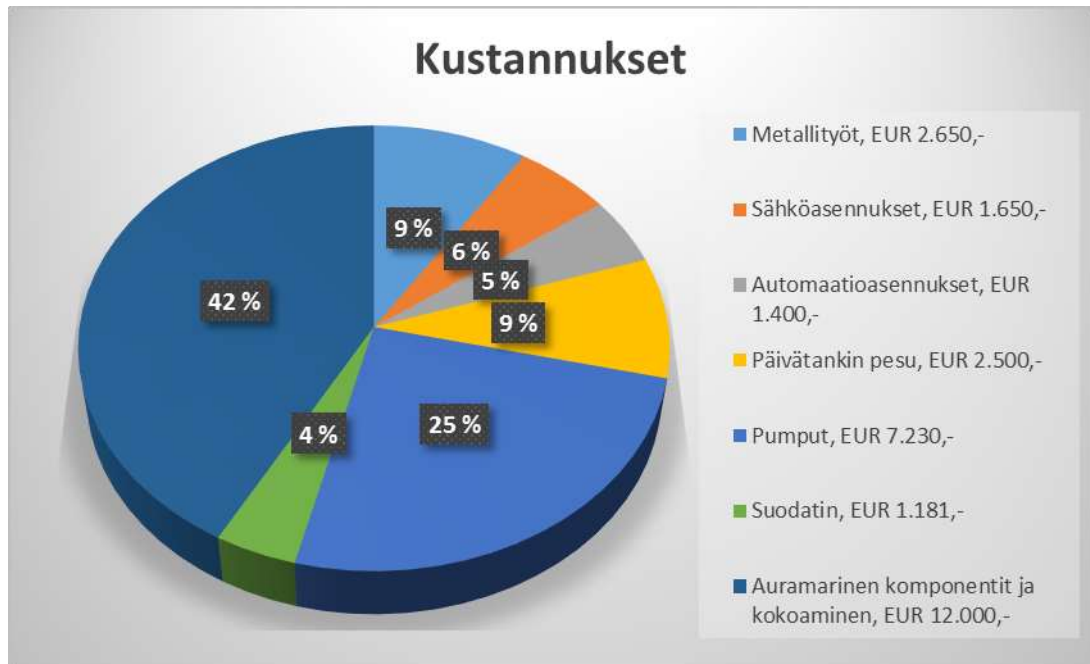
Asennuskulut yhteensä:	EUR 8.200,-
------------------------	-------------

6.4 Kustannukset yhteensä

Kustannuksia tarkisteltaessa näyttävästi huomattavan osan muodostaa Auramarinen osuus. Tämä selittyy sillä, ettei Auramarine suostunut erittelemään tarjoustaan, joten

se oli käsiteltävänä yhtenä kulukokonaisuutena. Myös koko yksikön eittämättä tärkein osa pumput muodostavat huomattavan osan kustannusjakaumasta. Asennustöiden yhteenlaskettu osuus on 29 %:ia kokonaiskustannuksista, joka voidaan perustella sillä, että jälkiasennus vaatii työläitä muutostöitä. Katso jakauma kaaviosta 1 alla.

Kaavio 1. Kustannusten jakautuminen



7 YHTEENVETO

Opinnäytetyö osoittaa, että polttoaineen esisyytöyksikön jälkiasentaminen lautta-alus Merisiltaan on mahdollinen. Suuria ja erittäin työläitä muutostöitä ei tarvitse tehdä, vaan pienet ja suhteellisen yksinkertaiset työt riittävät. Työn asennus vaatii kuitenkin, että alus ei liikennöi, jonka vuoksi työ on määritelty tehtäväksi telakoinnin yhteydessä. Yksikölle löytyy hyvä ja käytännöllinen sijoitustila alukselta ja sen tuonti sinne kokonaisena on mahdollinen. Selvitystyö on viety niin pitkälle, että varustamon tarvitsee vain päättää haluaako se yksikön. Yhteistyöyritykset ovat valmiita rakentamaan ja asentamaan yksikön jo valmiiksi suunnitellulla ja sovitulla tavalla. Työn myötä varustamolle selvitettiin tärkeitä tietoja, kuten aikataulu, suunnitelma ja hinta. Kustannukset kaikkina ovat n. 28.611€. Alkuperäisestä arviosta, tämä

summa on korkeampi, mutta varustamon budjettia ajatellen ei ollenkaan mahdoton. Hintaa nostivat erityisesti asennustöiden määrä ja pumppujen hinta. Asennustöiden hinta nousi, koska osa työstä vaatii hintavampaa erikoisosaamista.

Työssä yllättävää oli, kuinka moni asia on otettava huomioon näinkin pienen osan rakennuksessa ja kuinka paljon ketjuun tarvitaan alihankkijoita. Osien selvittämisessä oli tehtävä laajaa selvitystyötä ja oltava yhteydessä myös suoraan ulkomaille ulkomaisiin valmistajiin. Toimitusaika kyseisellä yksiköllä on 3 – 4 kk. Varustamolle työ on hyvä pohja yksikön tilaamiseen, jonka myötä yksikkö parantaisi lautta-alus Merisillan turvallisuutta huomattavasti.

LÄHTEET

Auramarine-yhtiöiden www-sivut. Viitattu 2.12.2014. www.auramarine.com

Bollfilter-Suomi www-sivut. Viitattu 2.12.2014, www.bollfilter.fi

Econosto Oy www-sivut. Viitattu 2.12.2014. www.econosto.fi

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

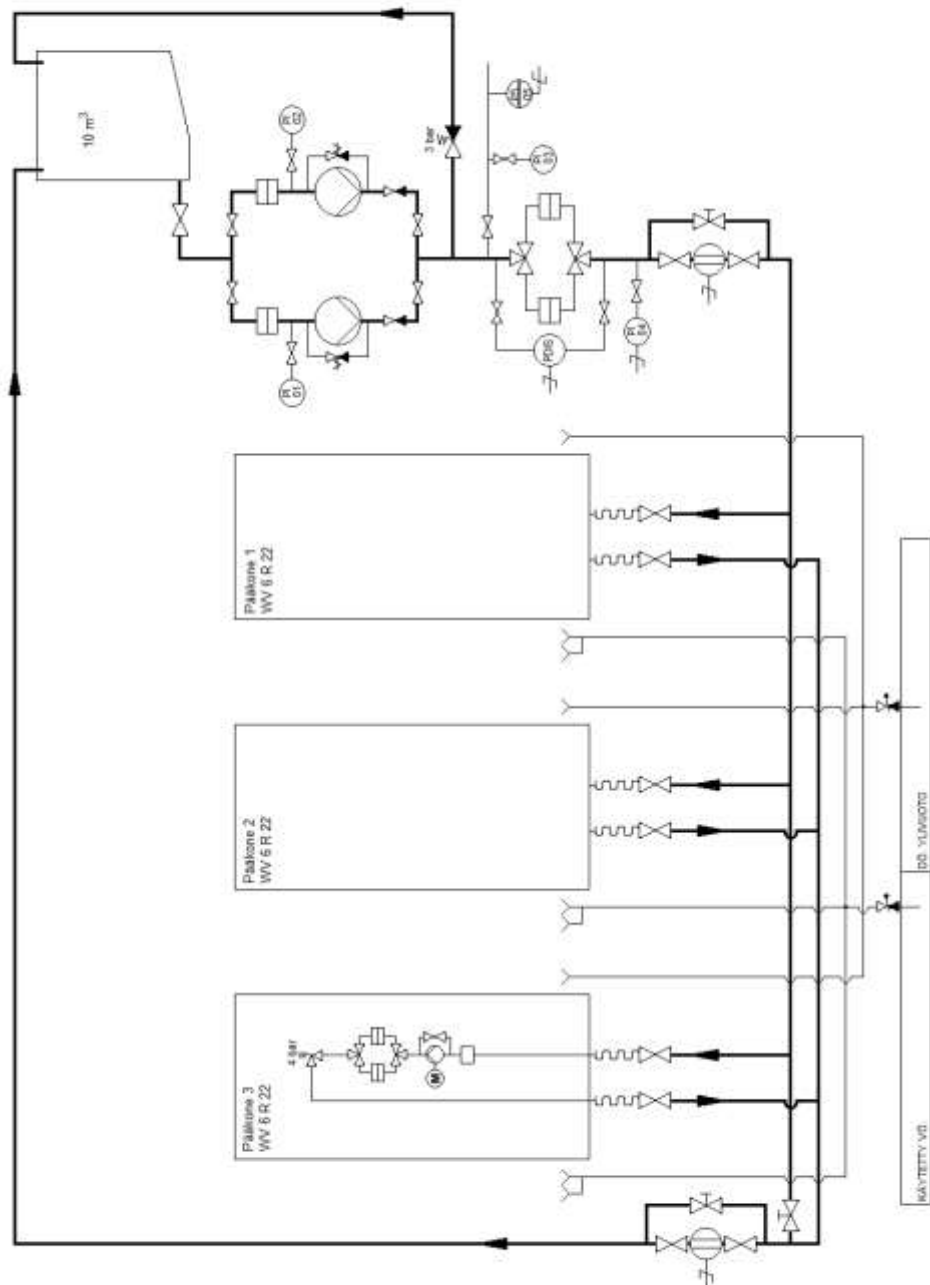
IMO AB www-sivut. Viitattu 2.12.2014, www.imo.se

IWAKI pumput, Suomi www-sivut. Viitattu 2.12.2014. www.iwaki.fi

Kurppa, J. 2013. Suunnittelu insinööri haastattelu 21.11.2013. Auramarine Oy
Lieto

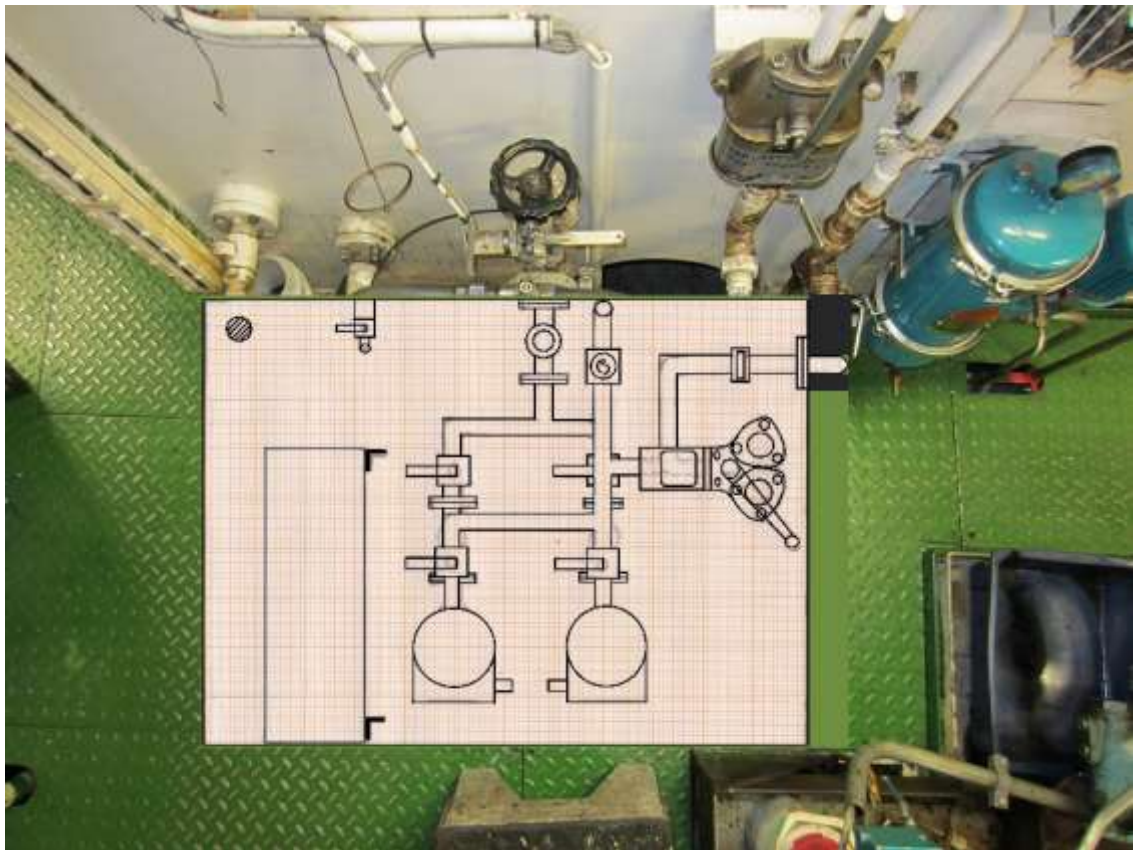
Lindström, K. 2013 Vastuukonepäällikkö haastattelu 10.10.2013. Suomenlauttaliikenne Oy

Suomen lauttaliikenne Oy www-sivut. Viitattu 2.12.2014, www.finferries.fi

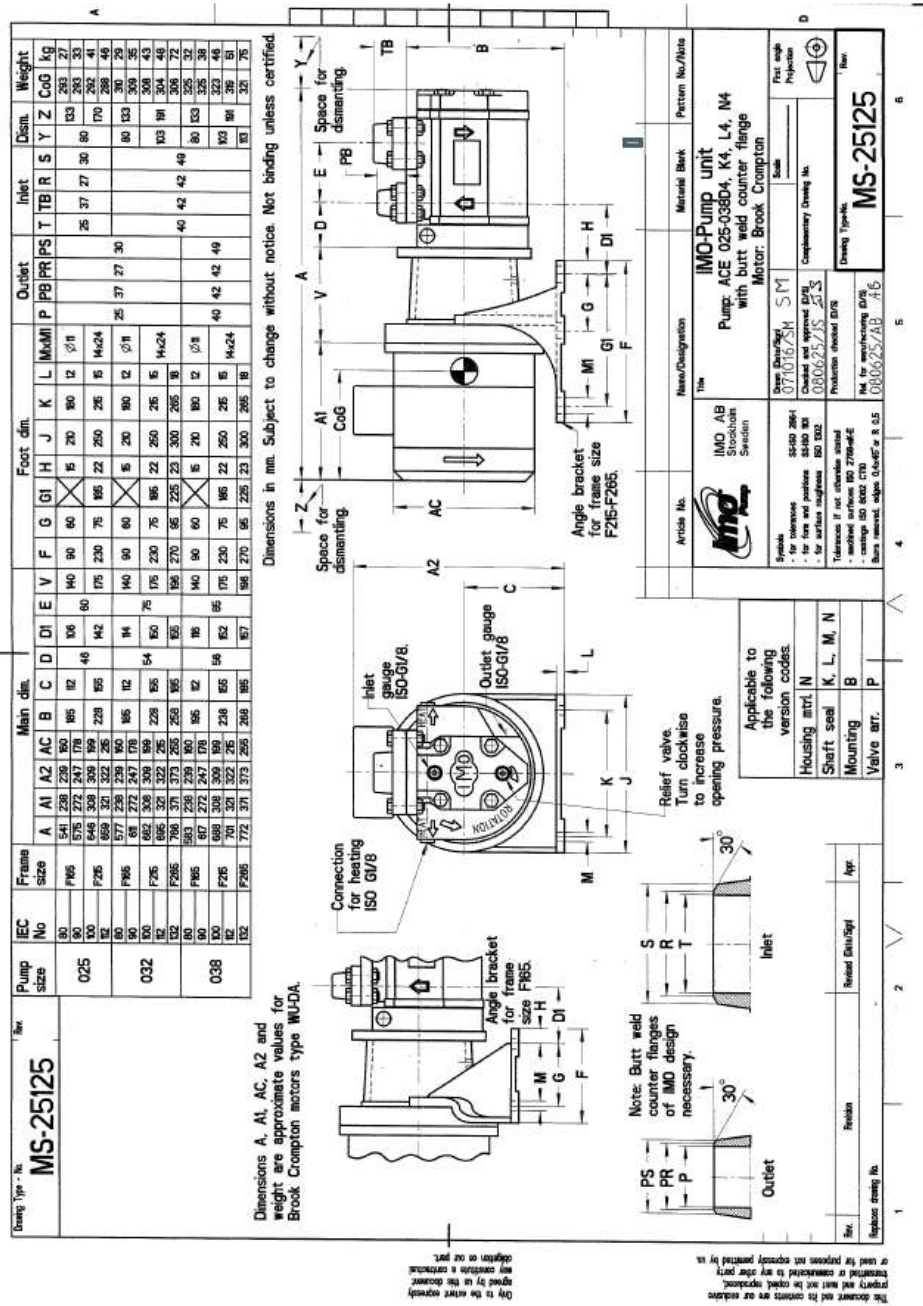


Kuva 9. Polttoaineenesisyöttöyksikön tekninen piirustus

LIITE2



Kuva 10. Polttoaineenesisyyttöyksikön osien sijoittaminen konehuoneeseen (J.Immonen 2014)



Kuva 11. IMO ACE 25 – sarjan pumppu. (IMO-esite 2014)